

13. Пат. 2340811 Российская Федерация, МПК7 F 16 F 15/023. Гидропневматический амортизатор с безинерционным гасителем / Крауиньш П.Я., Смайлов С.А., Иоппа А.В., Кувшинов К.А., Супрунов А.Ю., Дерюшева В.Н.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – № 2007121275/11; заявл. 06.06.07; опубл. 10.12.2008, Бюл. №34. – 5 с.: ил.

УДК 62-752.2; 62-752.8

## РАЗРАБОТКА СТЕНДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГАШЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ

*Рябчевская Светлана Сергеевна, Мухаметжанов Сергей Александрович, Баранова Виктория Денисовна, Сун Шичэнь,*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

E-mail: ssr9@tpu.ru

## DEVELOPMENT OF A STAND FOR RESEARCH OF THE DAMPING PROCESS OF IMPACT LOAD

*Ryabchevskaya Svetlana Sergeevna, Mukhametzhonov Sergej Aleksandrovich, Baranova Viktoriya Denisovna, Sun SHichehn'*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** Статья посвящена вопросам разработки стенда для исследования процессов гашения ударной нагрузки. Стенд создан на основе гидравлического привода и рабочего органа на рукавах высокого давления. Приедены формулы, описывающие работу привода и позволяющие рассчитать частоту ударной нагрузки. Проведены первичные испытания на работоспособность привода, при которых велась регистрация ударной нагрузки.

**Abstract:** The article reviews the development of a stand for research of the damping process of impact load. The stand was developed on the basis of a hydraulic drive and an operating body on high pressure hoses. Formulas that describe the operation of the drive and calculate the frequency of the impact load are given. Initial drive operability tests were carried out. During testing the impact load was recorded.

**Ключевые слова:** гашение ударной нагрузки, амортизаторы, рукава высокого давления, гидропневмоаккумулятор.

**Keywords:** damping process of impact load, shock-absorbers, high-pressure hose, hydro-pneumatic accumulator.

В работах [1–9] показана перспективность применения в рабочих органах различных устройств генерации и гашения ударной и вибрационной нагрузки рукавов высокого давления – гибких резиновых трубопроводов с армированной металлической оплеткой, отличающихся простотой монтажа, способностью работать при больших значениях давления в них, гибкостью, прочностью и долговечностью.

На базе лаборатории гидропневоавтоматики Томского политехнического университета создан стенд, основными элементами которого стали:

- гидравлический привод [10] на основе аксиально-поршневого регулируемого насоса, приводящего в движение выходной вал аксиально-поршневого гидромотора;
- эксцентриковый механизм, получающий вращение от выходного вала аксиально-поршневого гидромотора;

- плунжерная пара 5 (см. рисунок 1), формирующая переменный поток жидкости для генерации вибрационной нагрузки (в режиме проведения испытаний на виброактивность) либо для формирования ударной нагрузки (в режиме проведения испытаний на гашение нагрузки);
- рабочий орган (см. рисунок 1), состоящего из основания 1, рукавов высокого давления 2, платформы 3, промежуточной массы 4, распределителя 6, ударной массы 8, гидроцилиндра 9.

Система формирования среднего давления в рукавах 2 состоит из ручного насоса, вентиля для перекрытия трубопровода после формирования давления и манометра [10].

Для переключения режимов работы стенда имеется распределитель 6, регулирующий подачу рабочей жидкости либо в полости рукавов высокого давления 2, либо в полость гидроцилиндра 9.

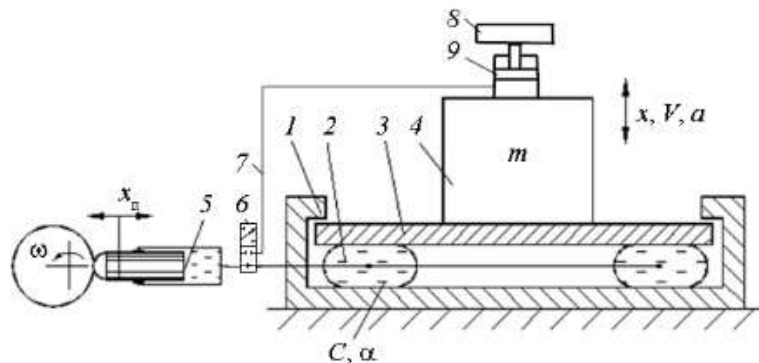


Рисунок 1 – Рабочий орган стенда с эксцентриковым механизмом

1 – основание; 2 – рукава высокого давления; 3 – платформа; 4 – объект; 5 – плунжер;

$x_n$  – координате перемещения плунжера;  $\omega$  – частота вращения эксцентрика;  $t$  – масса объекта;  $C$  – жесткость рукавов высокого давления;  $\alpha$  – коэффициент вязкого трения;  $x, V, a$  – координата, скорость, ускорение перемещения платформы

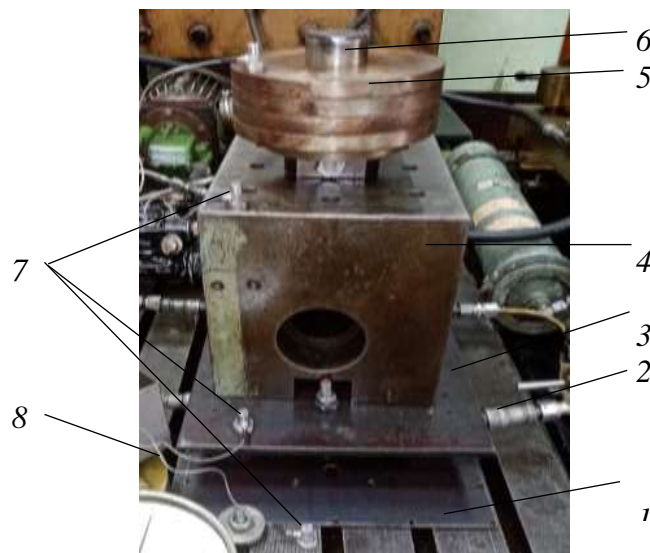


Рисунок 2 – Фотография рабочего органа стенда

1 – основание; 2 – рукава высокого давления; 3 – платформа; 4 – объект; 5 – сборный груз; 6 – гидроцилиндр; 7 – акселерометры; 8 – информационные каналы

Формулы, описывающие работу привода и позволяющие настроить определенную частоту вибрации или удара, следующие:

- подача насоса

$$Q_H = q_H \cdot n_{эд} \cdot \eta_H \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \gamma_{\max}};$$

- частота вращения вала гидромотора

$$n_r = \eta_r \frac{Q_r}{q_r} = \eta_r \frac{Q_H}{q_r};$$

- воздействие плунжерной пары

$$x_n = X \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = X \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot n_r}{30} t + \varphi_0\right),$$

где  $q_r, q_H$  – рабочие объемы гидромотора и гидронасоса;

$\eta_r, \eta_H$  – КПД гидромотора и насоса;

$n_r, n_H$  – частоты вращения вала насоса и гидромотора;

$\gamma, \gamma_{\max}$  – установленный и максимальный угол наклона диска;

$X$  – эксцентриситет эксцентрикового механизма.

Регистрация параметров виброударной нагрузки проводилась при помощи специального программного математического обеспечения [11–15].

Получены временные диаграммы и амплитудные спектрограммы (см. рисунок 3).

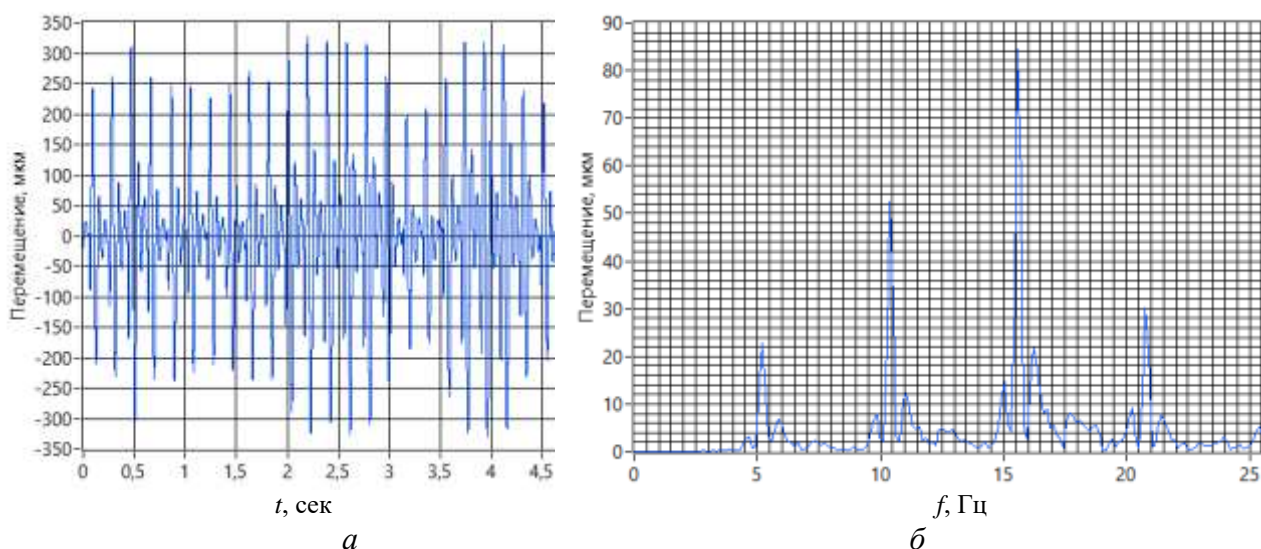


Рисунок 3 – Экспериментальные диаграммы:

*a* – временная; *б* – амплитудная спектральная

На представленных диаграммах отчетливо видна ударная нагрузка, зарегистрированная акселерометром, установленном на подвижной массе 4 (см. рисунок 3). Это демонстрирует работоспособность стенда.

В дальнейшем планируется провести полноценный эксперимент с варьированием в рукавах высокого давления среднего давления, частоты возбуждения ударной нагрузки за счет регулирования подачи насосом рабочей жидкости и регистрации сигналов на подвижной массе, платформе и основании стенда.

### Список литературы

1. Gavrilin A., Moyzes B., Zharkevich O. Constructive and processing methods of reducing vibration level of the metalworking machinery elements // *Journal of Vibroengineering*. – 2015. – V. 17 (7). – С. 3495-3504.
2. Gavrilin A.N., Chuprin E.A., Moyzes B.B., Halabuzar E.A. Land-based sources of seismic signals // *Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS*, 2014, 6986947. DOI: 10.1109/MEACS.2014.6986947.
3. Nizhegorodov A., Gavrilin A., Moyzes B., Ditenberg I., Zharkevich O., Zhetessova G., Muravyov O., Bets M. Stand for dynamic tests of technical products in the mode of amplitude-frequency modulation with hydrostatic vibratory drive // *Journal of Vibroengineering*. – 2016. – V. 18 (6). – С. 3734-3742.
4. Nizhegorodov A.I., Gavrilin A.N., Moyzes B.B., Cherkasov A.I., Zharkevich O.M., Zhetessova G.S., Savelyeva N.A. Radial-piston pump for drive of test machines // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2018. – V. 289 (1) – 012014. DOI:10.1088/1757-899X/289/1/012014.
5. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б., Черкасов А.И. Конструктивные методы повышения виброустойчивости металлорежущего оборудования // *Контроль. Диагностика*. – 2013. – № 13. – С. 82-87.
6. Гаврилин А.Н., Рожков П.С., Ангаткина О.О., Мойзес Б.Б. Динамический виброгаситель с системой автоматической настройки на частоту колебаний // *Известия Томского политехнического университета*. – 2011. – Т. 318. – № 2. – С. 26-29.
7. Кувшинов К.А., Мойзес Б.Б., Крауиньш П.Я. Импульсно-вибрационный источник сейсмических сигналов // *Известия Томского политехнического университета*. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 77-81.
8. Пат. 2298122 Российская Федерация, МПК7 F 16 F 15/023. Гидропневматический амортизатор / Крауиньш П.Я., Смайлов С.А., Мойзес Б.Б., Воронько И.В., Супрунов А.Ю., Кувшинов К.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – № 2005137254/11; заявл. 30.11.05; опубл. 27.04.2007, Бюл. №12. – 5 с.: ил.
9. Пат. 2340811 Российская Федерация, МПК7 F 16 F 15/023. Гидропневматический амортизатор с безинерционным гасителем / Крауиньш П.Я., Смайлов С.А., Иоппа А.В., Кувшинов К.А., Супрунов А.Ю., Дерюшева В.Н.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский политехнический университет. – № 2007121275/11; заявл. 06.06.07; опубл. 10.12.2008, Бюл. №34. – 5 с.: ил.
10. Кириллова В.И., Мойзес Б.Б., Гаврилин А.Н., Сун Шичэнь, Алимбаев С.Т. Развитие информационно-измерительных систем в аспекте вибродиагностики гидроприводов // *Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации (Сагиновские чтения №10) : труды Международной научно-практической конференции, 14-15 июня 2018 г., г. Караганда в 7 ч., Карагандинский государственный технический университет*. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – Ч. 3. – С. 230-232.
11. Gavrilin A., Moyzes B., Cherkasov A., Mel'nov K., Zhang X. Mobile complex for rapid diagnosis of the technological system elements // *Matec Web of Conferences*. – 2016. – V. 79. – 01078.
12. Болатбекова Д.Г., Плотникова И.В., Есенбаев С.Х. аутсорсинг как инструмент повышения эффективности работы измерительных приборов // *Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации»*; Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 183-185

13. Plotnikova I.V., Chicherina N.V., Stepanov A.B. Mathematic modeling of the method of measurement relative dielectric permeability// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. –V. 363 (1) 012006. DOI: 10.1088/1757-899X/363/1/012006

14. Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. Технологический контроль погонной емкости электрического кабеля в условиях значительных изменений солености воды. // Контроль. Диагностика. –2013. –№ 9. – С. 57-60.

15. Мазиков С.В., Вавилова Г.В. Метрологическое обеспечение измерителя емкости САР-10.1 // Ползуновский вестник. – 2016. – № 2. – С. 65-68.

УДК 54.064

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДА ТОМСКА

*Савченко Екатерина Дмитриевна, Анохин Константин Васильевич, Букиша Александр Артемьевич, Швецов Даниил Юрьевич, Толпекин Данил Павлович*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

*E-mail:eds12@tpu.ru*

## EVALUATION OF SNOW COVER POLLUTION IN TOMSK

*Savchenko Ekaterina Dmitrievna, Anokhin Konstantin Vasilevich, Buksha Alexandr Artemevich, Shvetsov Daniil Yurevich, Tolpekin Danil Pavlovich*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** В данной статье представлены результаты оценки загрязненности снежного покрова промышленных районов города Томска. Проведено сравнение полученных результатов с установленными нормативными значениями. Качество снежного покрова зависит от многих факторов, например, от интенсивности выбросов автотранспорта и других источников загрязнения атмосферного воздуха. В данной работе проведено сопоставление качества снежного покрова с возможными источниками поступления токсикантов в окружающую среду. Данный вопрос актуален для крупных промышленных городов.

**Abstract:** This article presents the results of the evaluation of snow cover pollution on industrial areas of Tomsk. The obtained results were compared with the established normative values. The quality of snow cover depends on many factors, such as the intensity of emissions from vehicles and other sources of air pollution. This paper compares the quality of snow cover with possible sources of toxicants into environment. This issue is relevant for industrial cities.

**Ключевые слова:** вредные вещества, оценка загрязненности, снежный покров, качество атмосферного воздуха.

**Keywords:** contaminant, evaluate of pollution, snow cover, air quality.

Вопрос о состоянии окружающей среды в проекции на последние несколько десятилетий становится все более актуальным на фоне увеличения деятельности человека в сфере производства. Один из самых наглядных показателей чистоты города - белый снежный покров. В зимний период происходит накопление загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых различными предприятиями, в толще снега. В последующем загрязняющие вещества имеют возможность мигрировать в другие среды: водные объекты, почва, растительность. Повышенные концентрации ЗВ в различных средах (вода, почва) тем или иным образом негативно отражаются на здоровье населения, поскольку эффективно накапливаются в пищевых цепях. Поэтому вопрос исследования качества снежного покрова вблизи промышленных объектов является актуальным.

Объектом исследования в данной работе являются пробы снега, отобранные вблизи предприятий, являющихся источником негативного воздействия на окружающую среду. По